

Teoría de las Cuerdas

UN UNIVERSO EN 10 DIMENSIONES

La Teoría de las Cuerdas puede ser la idea más revolucionaria de la física desde la relatividad. En pocas palabras, es una representación matemática de un universo hecho no de partículas materiales como bolas de billar, sino de diminutos lazos o "cuerdas" que vibran en 10 dimensiones. Si esto es real, la Teoría de las Cuerdas puede ofrecer una sola y consistente explicación para todo, desde el funcionamiento interno del átomo hasta la estructura del Cosmos. Eso sí, hay que bancarse no tener idea de qué son las dimensiones invisibles. Aquí, comentarios de Edward Witten y Stephen Hawking, dos físicos que estudiaron el asunto, y de K. C. Kole, divulgadora científica que escribió un ensayo sobre las cuerdas. Paz y cordura.

FUTURO

Por Laura Rozenberg

Parece que fue Niels Bohr, uno de los popes de la física contemporánea, quien de algún modo legalizó el rebusque. Percatados de que la física sería reconocida como una ciencia menos dura y antipática, o tal vez por efecto de una sensibilidad de la que gozan como cualquier hijo de vecino, los físicos empezaron a discriminar por "colores" y "sabores" el universo subatómico. De pronto, la teoría se llenó de diminutas cuentas rojas, verdes o picantes. Eran los quarks. Niels Bohr refrendó la ocurrencia denominándola "poética". Consideraba que los físicos, al igual que los poetas, "lejos de preocuparse por describir hechos, se dedican a crear imágenes".

De un modo similar nació —al menos a la vida en sociedad— la famosa "Teoría de las Cuerdas". Si el lector imagina que los físicos por fin encontraron la manera de explicar los hilos que mueven el Universo, no estará tan lejos del concepto que la define.

¿Qué es la teoría de las cuerdas (o supercuerdas, como la llaman algunos)? Por primera vez los físicos se han apartado de la imagen familiar de un Universo compuesto de partículas semejantes a bolas de billar, impulsadas o tironeadas por fuerzas como la gravedad y la electricidad.

Se sabe desde los años 20, por la teoría cuántica, que estas bolas no son siquiera "redondas", ya que poseen propiedades ondulatorias: se parecen más a vibraciones que a puntos definidos en el espacio. La teoría de las cuerdas propone ahora que estos puntos sean en realidad pequeñísimos lazos o "cuerdas" cerradas, ni más ni menos como una liga de media de mujer. Estas ligas vibran, de forma invisible, en sutiles resonancias. Y tales vibraciones, según la teoría, constituyen todo el Universo, desde la luz hasta las luciérnagas, tanto la gravedad como el oro.

"Por supuesto, estas cuerdas no son visibles, ni son como las ligas elásticas o pedazos de cordel", retruca K. C. Kole, una avispada divulgadora de temas científicos, autora del ensayo *Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life (Vibraciones compatibles: reflexiones sobre la física como forma de vida)*. Es imposible detectarlas mediante algún medio conocido por la ciencia de hoy. "Son curvas matemáticas", explica. Hablar de cuerdas, así como de bolas de billar o de ondas, es una manera tosca de intentar comprender lo desconocido en términos familiares. Y aquí, K.C. Kole coincide con Niels Bohr: los físicos han recurrido a la metáfora.

Dimensiones invisibles

Una de las mayores obsesiones de la física moderna se centra en la concepción de una imagen que adapte todas las piezas del Universo dentro de un solo marco de referencia conceptual. En otras palabras, una teoría que relacione todos los fenómenos que se vienen estudiando.

Los físicos han destapado el átomo, como una serie de muñecas rusas, para descubrir, primero, los electrones, los protones y los neutrones. Y luego, entidades más exóticas como los neutrinos y los quarks. Han aprendido cómo las fuerzas nuclear, gravitacional y electromagnética combinan estas partículas en moléculas y galaxias. Pero nadie sabe por qué, entre otras cosas, los electrones existen, ni por qué diablos las partículas son afectadas por la gravedad.

El lector comprende, ¿verdad? Entiende que la gravedad le impide volar, por ejemplo. Pero, ¿en qué consiste exactamente ese hilo invisible que lo ata al suelo? La teoría de las cuerdas, según sus seguidores, posee la capacidad de ofrecer una sola y consistente explicación para todo. Desde el funcionamiento interior del átomo hasta la

Física y poética

Danza con cuerdas



estructura del Cosmos. Casi nada.

Desafortunadamente, la teoría de las cuerdas tiene lo que algunos científicos consideran un gran defecto. Y los poetas, una gran virtud, aquí va: la consistencia matemática que la hace tan precisa aparece sólo si uno está dispuesto a dejar de creer en un mundo conformado por las cuatro dimensiones conocidas —altura, extensión, ancho y tiempo— y en su lugar supone *la existencia de diez dimensiones*. Es decir, las cuatro conocidas más otras seis adicionales, ocultas y casi increíbles. Algo así como encontarle la matemática a un dogma de fe.

Imagine el lector una cuerda cerrada —una liga de media de mujer— de alguna clase de sustancia fundamental (banda elástica o lo que guste). Ahora piense que la liga gira, se enrosca y vibra no sólo en las cuatro dimensiones espaciales conocidas —altura, ancho, profundidad y tiempo— sino además en las otras seis que es imposible percibir. (¡A la flauta!). Mientras el lazo se agita resuena de muchas maneras distintas, como una cuerda de violín decadimensional que emite versiones cósmicas de La o Mi bemol.

Edward Witten, uno de los talentos que estudian el asunto en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Nueva Jersey, explica que "tales vibraciones, si la teoría de las cuerdas está en lo correcto, determinan todas las partículas y fuerzas del Universo posibles". Witten se apura a consolar a los que se quedan un poco en ayunas: "Nadie comprende esto mucho mejor de lo que acabo de explicar", confiesa.

Diez dimensiones no inquietan en lo más mínimo, continúa Witten, muy sobrio él: "Estas dimensiones adicionales no son tan ajenas como muchas otras cosas en las que los físicos piensan", asegura sin que se le mueva un pelo. Sin embargo, la noción de un Universo decadimensional y la falta de datos experimentales que puedan evidenciarlo han vuelto escépticos a muchos físicos. La onda "posmo", dirán, alcanzó a la ciencia.

Andate a la novena dimensión

Sin duda, el caminante tendrá mucho que andar. Por ejemplo, tendrá que demostrar "cómo es que seis dimensiones permanecen invisibles para nosotros", se pregunta K. C. Kole. Los teóricos de cuerdas piensan que tales dimensiones están "enrolladas" apretadamente en escalas miles de millones de veces más pequeñas que el núcleo del átomo. Pero no saben aún cómo, por qué o cuándo se enrollaron estas dimensiones ocultas. En una de ésas, dicen los teóricos, simplemente dejaron de expandirse hace miles de millones

Física y poética

Danza con cuerdas



Por Laura Rozenberg

Parece que fue Niels Bohr, uno de los popes de la física contemporánea, quien de algún modo legalizó el rebusque. Percatados de que la física sería reconocida como una ciencia menos dura y antipática, o tal vez por efecto de una sensibilidad de la que gozan como cualquier hijo de vecino, los físicos empezaron a discriminar por "colores" y "sabores" el universo subatómico. De pronto, la teoría se llenó de diminutas cuentas rojas, verdes o picantes. Eran los quarks. Niels Bohr refrendó la ocurrencia denominándola "poética". Consideraba que los físicos, al igual que los poetas, "lejos de preocuparse por describir hechos, se dedican a crear imágenes".

De un modo similar nació —al menos a la vida en sociedad— la famosa "Teoría de las Cuerdas". Si el lector imagina que los físicos por fin encontraron la manera de explicar los hilos que mueven el Universo, no estará tan lejos del concepto que la define.

¿Qué es la teoría de las cuerdas (o supercuerdas, como la llaman algunos)? Por primera vez los físicos se han apartado de la imagen familiar de un Universo compuesto de partículas semejantes a bolas de billar, impulsadas o tironeadas por fuerzas como la gravedad y la electricidad.

Se sabe desde los años 20, por la teoría cuántica, que estas bolas no son siquiera "redondas", ya que poseen propiedades ondulatorias: se parecen más a vibraciones que a puntos definidos en el espacio. La teoría de las cuerdas propone ahora que estos puntos sean en realidad pequeñísimos lazos o "cuerdas" cerradas, ni más ni menos como una liga de media de mujer. Estas ligas vibran, de forma invisible, en sutiles resonancias. Y tales vibraciones, según la teoría, constituyen todo el Universo, desde la luz hasta las luciérnagas, tanto la gravedad como el oro.

"Por supuesto, estas cuerdas no son visibles, ni son como las ligas elásticas o pedazos de cordel", retruca K. C. Kole, una avispada divulgadora de temas científicos, autora del ensayo *Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life (Vibraciones compatibles: reflexiones sobre la física como forma de vida).* Es imposible detectarlas mediante algún medio conocido por la ciencia de hoy. "Son curvas matemáticas", explica. Hablar de cuerdas, así como de bolas de billar o de ondas, es una manera tosca de intentar comprender lo desconocido en términos familiares. Y aquí, K.C. Kole coincide con Niels Bohr: los físicos han recurrido a la metáfora.

Dimensiones invisibles

Una de las mayores obsesiones de la física moderna se centra en la concepción de una imagen que adapte todas las piezas del Universo dentro de un solo marco de referencia conceptual. En otras palabras, una teoría que relacione todos los fenómenos que se vienen estudiando.

Los físicos han destapado el átomo, como una serie de muñecas rusas, para descubrir, primero, los electrones, los protones y los neutrones. Y luego, entidades más exóticas como los neutrinos y los quarks. Han aprendido cómo las fuerzas nuclear, gravitacional y electromagnética combinan estas partículas en moléculas y galaxias. Pero nadie sabe por qué, entre otras cosas, los electrones existen, ni por qué diablos las partículas son afectadas por la gravedad.

El lector comprende, ¿verdad? Entiende que la gravedad le impide volar, por ejemplo. Pero, ¿en qué consiste exactamente ese hilo invisible que lo ata al suelo? La teoría de las cuerdas, según sus seguidores, posee la capacidad de ofrecer una sola y consistente explicación para todo. Desde el funcionamiento interior del átomo hasta la estructura del Cosmos. Casi nada.

Desafortunadamente, la teoría de las cuerdas tiene lo que algunos científicos consideran un gran defecto. Y los poetas, una gran virtud, aquí va: la consistencia matemática que la hace tan precisa aparece sólo si uno está dispuesto a dejar de creer en un mundo conformado por las cuatro dimensiones conocidas —altura, extensión, ancho y tiempo— y en su lugar supone *la existencia de diez dimensiones*. Es decir, las cuatro conocidas más otras seis adicionales, ocultas y casi increíbles. Algo así como encontarle la matemática a un dogma de fe.

Imagine el lector una cuerda cerrada —una liga de media de mujer— de alguna clase de sustancia fundamental (banda elástica o lo que guste). Ahora piense que la liga gira, se enrosca y vibra no sólo en las cuatro dimensiones espaciales conocidas —altura, ancho, profundidad y tiempo— sino además en las otras seis que es imposible percibir. (¡A la flauta!). Mientras el lazo se agita resuena de muchas maneras distintas, como una cuerda de violín decadimensional que emite versiones cósmicas de La o Mi bemol.

Edward Witten, uno de los talentos que estudian el asunto en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Nueva Jersey, explica que "tales vibraciones, si la teoría de las cuerdas está en lo correcto, determinan todas las partículas y fuerzas del Universo posibles". Witten se apura a consolar a los que se quedan un poco en ayunas: "Nadie comprende esto mucho mejor de lo que acabo de explicar", confiesa.

Diez dimensiones no inquietan en lo más mínimo, continúa Witten, muy sobrio él: "Estas dimensiones adicionales no son tan ajenas como muchas otras cosas en las que los físicos piensan", asegura sin que se le mueva un pelo. Sin embargo, la noción de un Universo decadimensional y la falta de datos experimentales que puedan evidenciarlo han vuelto escépticos a muchos físicos. La onda "posmo", dirán, alcanzó a la ciencia.

Andate a la novena dimensión

Sin duda, el caminante tendrá mucho que andar. Por ejemplo, tendrá que demostrar "cómo es que seis dimensiones permanecen invisibles para nosotros", se pregunta K. C. Kole. Los teóricos de cuerdas piensan que tales dimensiones están "enrolladas" apretadamente en escalas miles de millones de veces más pequeñas que el núcleo del átomo. Pero no saben aún cómo, por qué o cuándo se enrollaron estas dimensiones ocultas. En una de ésas, dicen los teóricos, simplemente dejaron de expandirse hace miles de millones de años, cuando el resto del Universo comenzó a hacerlo.

Los físicos están obsesionados por tratar de unificar o encontrar vínculos entre las fuerzas fundamentales de la naturaleza conocidas: la gravedad, el electromagnetismo, la fuerza "fuerte" que mantiene unidas las partículas y la fuerza "débil" que explica, entre otras cosas, la radiactividad, es decir, la desintegración espontánea del núcleo que da por resultado la emisión de energía.

El electromagnetismo, las fuerzas fuerte y débil y todas las partículas conocidas en el Universo se pueden describir en función de la teoría cuántica, un hecho que Witten considera "mágico". (Y dicen que los científicos son aburridos.) "La teoría cuántica ha aclarado un sinnúmero de cuestiones y nos ha permitido comprender diversos procesos subatómicos que desde entonces han producido de todo, desde el láser hasta los semiconductores", razona Witten. Pero la teoría cuántica no puede explicar la gravedad. Los cálculos matemáticos que tratan de encajar la gravedad en ese marco de referencia arrojan resultados inservibles.

Sin embargo, la gravedad interactúa con toda clase de energía en el Universo; incluso un haz de luz cae bajo su influencia. En consecuencia, la gravedad tiene que obedecer las mismas leyes de la naturaleza. La pregunta es: ¿Qué son estas leyes?

Albert Einstein se esforzó por unir la gravedad con el electromagnetismo a fin de explicar la naturaleza en función de un "campo unificado". Nunca lo logró. Pero en 1919 recibió una carta de un físico alemán desconocido llamado Theodor Kaluza, quien le sugería que el electromagnetismo podía explicarse como una manifestación *pentadimensional* de la gravedad. Kaluza no explicaba por qué la quinta dimensión pasaba desapercibida. Pero en 1926, un matemático sueco, Oskar Klein, sugería que esto era así ya que la quinta dimensión "estaba enrollada tan apretadamente —en una escala tan pequeña— que no afectaba a nada tan enorme como una partícula subatómica".

Los físicos parecen muy cuerdos

La teoría de las cuerdas es una forma resucitada de la teoría de Kaluza-Klein, si bien mucho más complicada. Al igual que la quinta dimensión de Klein se consumió hasta volverse invisible, así, las seis dimensiones adicionales de la teoría de las cuerdas de alguna manera se "apretaron". "Todo lo que hay que hacer para que desaparezcan las inconsistencias matemáticas que impiden la unificación de las teorías es aceptar la idea de las dimensiones ocultas", predican los teóricos cuántico-creyentes.

Pero no está tan claro que la teoría de las cuerdas represente la realidad con precisión. No hay ninguna prueba, aparte de un modelo matemático consistente, que apoye la existencia de seis dimensiones adicionales. No obstante, la consistencia matemática, dice Witten, ha sido "una de las guías más confiables que cuentan los físicos de este siglo".

Los físicos no "buscaron" la teoría de cuerdas, ni tampoco continuaron seriamente el trabajo de Kaluza-Klein. Más bien tropezaron con la teoría de las cuerdas en la oscuridad y, desde entonces, han estado tratando de explicar exactamente qué es. "No creo que ningún físico haya sido lo suficientemente hábil como para inventar de manera expresa la teoría de las cuerdas", dice Witten. "Por suerte fue inventada accidentalmente."

En 1968 un físico italiano, Gabriele Veneziano, investigaba la fuerza fuerte (el cemento que mantiene unidas las partículas dentro del núcleo) cuando se encontró por casualidad con lo que Witten describe como "una fórmula que tenía ciertas propiedades peculiares". Pocos años más tarde, por el trabajo de Yoichiro Nambu de la Universidad de Chicago, y otros, la comunidad científica comprendió que "esta ridícula fórmula explicaba las vibraciones de las cuerdas".

Durante algunos años, la teoría de las cuerdas despertó un gran interés. Sin embargo, hacia mediados de los 70, fue completamente abandonada, en parte porque otras líneas de investigación parecían más prometedoras, y en parte porque exigía la inaceptable idea de las dimensiones ocultas. "Cuando los investigadores encontraron que sólo tenía sentido en diez dimensiones —recuerda Witten— la mayoría dejó el campo."

En su libro *Historia del Tiempo*, Stephen Hawking comenta que gracias a una serie de artículos especializados escritos por John Schwartz y Mike Green a principios de los 80, la teoría de las cuerdas resucitó.

Para los seguidores, el asunto de si el mundo real puede explicarse mediante la teoría de las cuerdas depende no sólo de la existencia de las dimensiones adicionales, sino también de las formas que toman en el espacio, esto es, de si están enrolladas como tubos, o tienen agujeros como las roscas de azúcar, o bien son esféricas.

Para quienes se resisten a creer en las seis dimensiones restantes, vale la pena recordar un clásico victoriano de ficción científica, *Flatland (La Planicie* o *Planolandia)*. Edwin Abbott, autor del cuento, demostró enfáticamente que lo que en una dimensión parece abstruso y oscuro, puede volverse cristalino en otra. En su hipotético mundo de triángulos y cuadrados bidimensionales, una esfera de tres dimensiones era un objeto incomprensible. A una criatura bidimensional le resultaba imposible imaginar la profundidad. Así, cuando le presentaban una esfera, sólo veía rebanadas como de cortadora de fiambre. Conclusión: se necesita ser espectador tridimensional para mirar una esfera en su totalidad.

¿Puede haber en realidad una teoría unificada? ¿O estamos tal vez persiguiendo únicamente un espejismo?, se pregunta Hawking. Tal vez:

- Existe realmente una teoría unificada completa, que descubriremos algún día si somos lo suficientemente inteligentes.
- O no existe ninguna teoría definitiva del Universo, sino una sucesión infinita de teorías que lo describen cada vez con más precisión.
- O no hay ninguna teoría del Universo; los acontecimientos no pueden predecirse más allá de cierto punto, ya que ocurren de una manera aleatoria y arbitraria. Hasta aquí, las propuestas de Hawking.

Si pudiéramos observar el Universo íntegramente en diez dimensiones, supone la teoría de las cuerdas, aparecería una nueva simetría. El enigmático conjunto de fuerzas y partículas revelaría las diferentes facetas de un todo coherente. Desafortunadamente, esta tentadora simetría inherente al espacio decadimensional no es fácil de traducir en partículas y fuerzas que se mueven en cuatro dimensiones.

Y, por último, para los escépticos recalcitrantes, Witten guarda un argumento: señala que las estrellas de neutrones y las lentes gravitacionales —enormes concentraciones de materia en el espacio exterior que producen, a los ojos de los humanos en la Tierra, imágenes duplicadas de estrellas— fueron consideradas ficción científica, pura especulación, hasta que de pronto se las encontró en el cielo. "La historia de la ciencia está salpicada de predicciones en las que tal o cual idea, por ser imprácticas, nunca fueron comprobadas. La historia de la física muestra que las buenas ideas consiguen ser probadas." Creer o no creer, poetas del siglo XXI. Witten y Hawking perjuran que ningún alucinógeno les ha afectado sus facultades mentales.

Detrás de un cielo oscuro

¿Por qué el cielo es azul de día y negro de noche? Es una pregunta de niños para la cual los adultos no han encontrado respuesta definitiva. La llamada paradoja del cielo oscuro ha tenido al menos 15 explicaciones a lo largo de la historia y los científicos aún continúan discutiendo el enigma: si el número de estrellas en el cielo es infinito, ¿por qué no está la noche llena de luz? La respuesta que acaba de dar el astrofísico norteamericano Paul S. Wesson, basada en un extenso análisis por ordenador de las estrellas, puede ser la última palabra sobre la cuestión y confirma la sugerencia que hizo al respecto el escritor Edgar Allan Poe en 1845. El misterio tiene implicaciones directas en la estructura y el origen del Universo.

El escritor Edgar Allan Poe escribió en 1845 que el universo empezó en un instante determinado del pasado y, por tanto, al no ser infinito, el cielo no puede estar iluminado de noche por infinidad de estrellas. La idea de este astrónomo aficionado hoy es aceptada prácticamente por todos los estudiosos del tema. Y Besson, analizando el problema mediante un complicado modelo matemático, ha confirmado en la revista científica *Astrophysical Journal* que la otra posible explicación de la paradoja —que gran parte de la radiación procedente de las estrellas es invisible para el ojo humano— no es suficiente para justificar la oscuridad nocturna.

Sí, como suponen los cosmólogos, la distribución de estrellas en el Universo es razonablemente uniforme, cuanto más lejos se busquen estrellas más deben contabilizarse. Aunque la luz que llega a la Tierra procedente de cada astro disminuye en función de su distancia, la cantidad de estrellas va aumentando a medida que se mira más lejos y su radiación debería compensar la pérdida de luz por la distancia.

Según este razonamiento, la bóveda celeste debería estar uniformemente iluminada, sin espacio oscuro entre una estrella y otra. El resultado sería un cielo tan deslumbrantemente brillante y caliente como la superficie del Sol, una situación que habría hecho imposible la existencia de planetas sólidos en cualquier lugar del Universo. Surge una paradoja por la contradicción entre la lógica teórica y la oscuridad observable del cielo por la noche.

Desde la antigua Grecia se han propuesto, como mínimo, 15 soluciones para explicar la paradoja, pero sólo dos han sobrevivido, según Edward R. Harrison, de la Universidad de Massachusetts en Amherst. Una de ellas parte de las teorías de la relatividad de Einstein y los descubrimientos cosmológicos del astrónomo Edwin Hubble. Sus trabajos mostraron que cuando dos objetos celestes se alejan uno de otro, las ondas de luz emitida por cada uno de ellos se recibirán en el otro como si estuvieran estiradas, lo que denomina *corrimiento al rojo*.

Como el ojo humano sólo es capaz de ver la luz que tiene unas longitudes de onda determinadas, la radiación que no está en esa banda concreta resulta invisible.

Hubble demostró que las estrellas y galaxias más alejadas de la Tierra muestran un *corrimiento al rojo* más acusado, lo que significa que la velocidad a que se alejan los cuerpos celestes aumenta con la distancia y que el universo está en expansión. Por ello, toda estrella o galaxia situada a mucha distancia de la Tierra estará alejándose de nosotros a una velocidad tan alta que su luz estará desplazada fuera de la banda de luz visible, dentro ya del infrarrojo o del radio, y el ojo humano no la verá.

El número de estrellas y galaxias que iluminan el cielo nocturno queda así muy reducido y los científicos están de acuerdo en que este desplazamiento al rojo debe contribuir bastante a la oscuridad de la noche. El trabajo de Wesson afirma que el corrimiento al rojo de las estrellas en un universo en expansión puede reducir la luminosidad teórica del cielo, pero en un factor de tres o cuatro, no más.

La otra explicación posible de la paradoja del cielo oscuro se basa en dos hechos: primero, que la velocidad de la luz es constante, y segundo, que ninguna galaxia existe eternamente. Como consecuencia de la velocidad fija de la luz, desde la Tierra no se puede observar ningún objeto que esté más lejos de unos 15.000 millones de años luz; incluso si hay galaxias más allá, la luz procedente de ellas no habría tenido tiempo de llegar hasta nosotros.

La existencia finita de las galaxias significa que la cantidad de luz que pueden irradiar en el universo tiene un límite. Los puntos brillantes de luz en el cielo lejano no son puntos permanentes en el firmamento, y su carácter transitorio, junto con el número limitado de galaxias visibles desde la Tierra por la velocidad limitada de la luz, eliminan el hipotético brillo del cielo nocturno.

Fuente: NYT.

Universo rugoso

Por David Lindley

Los cosmólogos modernos tienen problemas. Por ahora no existe una teoría completa que explique por qué el Universo es como lo vemos. Si la energía de la gran explosión o Big Bang se esparció por el espacio de forma uniforme en todas direcciones, la actual distribución de estrellas y galaxias a gran escala parece demasiado ordenada. Aunque ambos fenómenos han sido confirmados por observaciones, los teóricos no logran explicar todavía cómo un universo tan *liso* en el principio es ahora tan *rugoso* teniendo en cuenta el tiempo transcurrido. Craig Hogan, de la Universidad de Washington en Seattle, ha propuesto una solución que no tiene en cuenta la gravedad.

Se cree que la materia y la radiación en los primeros días del Universo se distribuyeron de forma casi totalmente uniforme por el espacio. Cualquier sitio donde hubiera una concentración ligeramente más alta de materia tendría una gravedad ligeramente mayor, lo que atraería más materia de las regiones vecinas. El problema con esta idea es que la gravedad actúa de forma lenta, y una galaxia tarda mucho en crecer, lo que lleva a creer que existían irregularidades originales, que no se han podido detectar.

Una vía de escape a este dilema es buscar un proceso por el cual las galaxias puedan formarse en menos tiempo que si sólo actuara la gravedad. Hogan propone un tipo de *motor de arranque* cósmico que depende sólo de interacciones simples entre la materia y la radiación durante la fase más temprana de la historia cósmica, cuando el cosmos estaba lleno, en su mayor parte, de gas de hidrógeno y radiación en forma de fotones.

En general un átomo de hidrógeno que se mueve por un campo de radiación electromagnética intercambia energía con la radiación absorbiendo y emitiendo fotones de una longitud de onda característica. El resultado final es que el átomo en movimiento tenderá a pararse, cuando la cantidad de fotones sea la misma en todas partes. Hogan propone una ingeniosa variación, que supone que existen picos de fotones de una determinada energía, lo que, en síntesis, lleva al átomo a acelerarse ya que los fotones le transfieren energía.

Sábado 11 de mayo de 1991

de años, cuando el resto del Universo comenzó a hacerlo.

Los físicos están obsesionados por tratar de unificar o encontrar vínculos entre las fuerzas fundamentales de la naturaleza conocidas: la gravedad, el electromagnetismo, la fuerza "fuerte" que mantiene unidas las partículas y la fuerza "débil" que explica, entre otras cosas, la radiactividad, es decir, la desintegración espontánea del núcleo que da por resultado la emisión de energía.

El electromagnetismo, las fuerzas fuerte y débil y todas las partículas conocidas en el Universo se pueden describir en función de la teoría cuántica, un hecho que Witten considera "mágico". (Y dicen que los científicos son aburridos.) "La teoría cuántica ha aclarado un sinnúmero de cuestiones y nos ha permitido comprender diversos procesos subatómicos que desde entonces han producido de todo, desde el láser hasta los semiconductores", razona Witten. Pero la teoría cuántica no puede explicar la gravedad. Los cálculos matemáticos que tratan de encajar la gravedad en ese marco de referencia arrojan resultados inservibles.

Sin embargo, la gravedad interactúa con toda clase de energía en el Universo; incluso un haz de luz cae bajo su influencia. En consecuencia, la gravedad tiene que obedecer las mismas leyes de la naturaleza. La pregunta es: ¿Qué son estas leyes?

Albert Einstein se esforzó por unir la gravedad con el electromagnetismo a fin de explicar la naturaleza en función de un "campo unificado". Nunca lo logró. Pero en 1919 recibió una carta de un físico alemán desconocido llamado Theodor Kaluza, quien le sugería que el electromagnetismo podía explicarse como una manifestación *pentadimensional* de la gravedad. Kaluza no explicaba por qué la quinta dimensión pasaba desapercibida. Pero en 1926, un matemático sueco, Oskar Klein, sugería que esto era así ya que la quinta dimensión "estaba enrollada tan apretadamente —en una escala tan pequeña— que no afectaba a nada tan enorme como una partícula subatómica".

Los físicos parecen muy cuerdos

La teoría de las cuerdas es una forma resucitada de la teoría de Kaluza-Klein, si bien mucho más complicada. Al igual que la quinta dimensión de Klein se consumió hasta volverse invisible, así, las seis dimensiones adicionales de la teoría de las cuerdas de alguna manera se "apretaron". "Todo lo que hay que hacer para que desaparezcan las inconsistencias matemáticas que impiden la unificación de las teorías es aceptar la idea de las dimensiones ocultas", predican los teóricos cuántico-creyentes.

Pero no está tan claro que la teoría de las cuerdas represente la realidad con precisión. No hay ninguna prueba, aparte de un modelo matemático consistente, que apoye la existencia de seis dimensiones adicionales. No obstante, la consistencia matemática, dice Witten, ha sido "una de las guías más confiables que conocen los físicos de este siglo".

Los físicos no "buscaron" la teoría de cuerdas, ni tampoco continuaron seriamente el trabajo de Kaluza-Klein. Más bien tropezaron con la teoría de las cuerdas en la oscuridad y, desde entonces, han estado tratando de explicar exactamente qué es. "No creo que ningún físico haya sido lo suficientemente hábil como para inventar de manera expresa la teoría de las cuerdas", dice Witten. "Por suerte fue inventada accidentalmente."

En 1968 un físico italiano, Gabriele Veneziano, investigaba la fuerza fuerte (el cemento que mantiene unidas las partículas dentro del núcleo) cuando se encontró por casualidad con lo que Witten describe como "una fórmula que tenía ciertas propiedades peculiares". Pocos años más tarde, por el trabajo de Yoichiro Nambu de la Universidad de Chicago, y otros, la comunidad científica comprendió que "esta ridícula fórmula explicaba las vibraciones de las cuerdas".

Durante algunos años, la teoría de las cuerdas despertó un gran interés. Sin embargo, hacia mediados de los 70, fue completamente abandonada, en parte porque otras líneas de investigación parecían más prometedoras, y en parte porque exigía la inaceptable idea de las dimensiones ocultas. "Cuando los investigadores encontraron que sólo tenía sentido en diez dimensiones —recuerda Witten— la mayoría dejó el campo."

En su libro *Historia del Tiempo*, Stephen Hawking comenta que gracias a una serie de artículos especializados escritos por John Schwartz y Mike Green a principios de los 80, la teoría de las cuerdas resucitó.

Para los seguidores, el asunto de si el mundo real puede explicarse mediante la teoría de las cuerdas depende no sólo de la existencia de las dimensiones adicionales, sino también de las formas que toman en el espacio, esto es, de si están enrolladas como tubos, o tienen agujeros como las roscas de azúcar, o bien son esféricas.

Para quienes se resisten a creer en las seis dimensiones restantes, vale la pena recordar un clásico victoriano de ficción científica, *Flatland (La Planicie* o *Planolandia)*. Edwin Abbott, autor del cuento, demostró enfáticamente que lo que en una dimensión parece abstruso y oscuro, puede volverse cristalino en otra. En su hipotético mundo de triángulos y cuadrados bidimensionales, una esfera de tres dimensiones era un objeto incomprensible. A una criatura bidimensional le resultaba imposible imaginar la profundidad. Así, cuando le presentaban una esfera, sólo veía rebanadas como de cortadora de fiambre. Conclusión: se necesita ser espectador tridimensional para mirar una esfera en su totalidad.

¿Puede haber en realidad una teoría unificada? ¿O estamos tal vez persiguiendo únicamente un espejismo?, se pregunta Hawking. Tal vez:

- Existe realmente una teoría unificada completa, que descubriremos algún día si somos lo suficientemente inteligentes.
- O no existe ninguna teoría definitiva del Universo, sino una sucesión infinita de teorías que lo describen cada vez con más precisión.
- O no hay ninguna teoría del Universo; los acontecimientos no pueden predecirse más allá de cierto punto, ya que ocurren de una manera aleatoria y arbitraria. Hasta aquí, las propuestas de Hawking.

Si pudiéramos observar el Universo íntegramente en diez dimensiones, supone la teoría de las cuerdas, aparecería una nueva simetría. El enigmático conjunto de fuerzas y partículas revelaría las diferentes facetas de un todo coherente. Desafortunadamente, esta tentadora simetría inherente al espacio decadimensional no es fácil de traducir en partículas y fuerzas que se mueven en cuatro dimensiones.

Y, por último, para los escépticos recalcitrantes, Witten guarda un argumento: señala que las estrellas de neutrones y las lentes gravitacionales —enormes concentraciones de materia en el espacio exterior que producen, a los ojos de los humanos en la Tierra, imágenes duplicadas de estrellas— fueron consideradas ficción científica, pura especulación, hasta que de pronto se las encontró en el cielo. "La historia de la ciencia está salpicada de predicciones en las que tal o cual idea, por ser imprácticas, nunca fueron comprobadas. La historia de la física muestra que las buenas ideas consiguen ser probadas." Creer o no creer, poetas del siglo XXI. Witten y Hawking perjuran que ningún alucinógeno les ha afectado sus facultades mentales.

Detrás de un cielo oscuro

Por qué el cielo es azul de día y negro de noche? Es una pregunta de niños para la cual los adultos no han encontrado respuesta definitiva. La llamada paradoja del cielo oscuro ha tenido al menos 15 explicaciones a lo largo de la historia y los científicos aún continúan discutiendo el enigma: si el número de estrellas en el cielo es infinito, ¿por qué no está la noche llena de luz? La respuesta que acaba de dar el astrofísico norteamericano Paul S. Wesson, basada en un extenso análisis por ordenador de las estrellas, puede ser la última palabra sobre la cuestión y confirma la sugerencia que hizo al respecto el escritor Edgar Allan Poe en 1845. El misterio tiene implicaciones directas en la estructura y el origen del Universo.

El escritor Edgar Allan Poe escribió en 1845 que el universo empezó en un instante determinado del pasado y, por tanto, al no ser infinito, el cielo no puede estar iluminado de noche por infinidad de estrellas. La idea de este astrónomo aficionado hoy es aceptada prácticamente por todos los estudiosos del tema. Y Besson, analizando el problema mediante un complicado modelo matemático, ha confirmado en la revista científica *Astrophysical Journal* que la otra posible explicación de la paradoja —que gran parte de la radiación procedente de las estrellas es invisible para el ojo humano— no es suficiente para justificar la oscuridad nocturna.

Si, como suponen los cosmólogos, la distribución de estrellas en el Universo es razonablemente uniforme, cuanto más lejos se busquen estrellas más deben contabilizarse. Aunque la luz que llega a la Tierra procedente de cada astro disminuye en función de su distancia, la cantidad de estrellas va aumentando a medida que se mira más lejos y su radiación debería compensar la pérdida de luz por la distancia.

Según este razonamiento, la bóveda celeste debería estar uniformemente iluminada, sin espacio oscuro entre una estrella y otra. El resultado sería un cielo tan deslumbrantemente brillante y caliente como la superficie del Sol, una situación que habría hecho imposible la existencia de planetas sólidos en cualquier lugar del Universo. Surge una paradoja por la contradicción entre la lógica teórica y la oscuridad observable del cielo por la noche.

Desde la antigua Grecia se han propuesto, como mínimo, 15 soluciones para explicar la paradoja, pero sólo dos han sobrevivido, según Edward R. Harrison, de la Universidad de Massachusetts en Amherst. Una de ellas parte de las teorías de la relatividad de Einstein y los descubrimientos cosmológicos del astrónomo Edwin Hubble. Sus trabajos mostraron que cuando dos objetos celestes se alejan uno de otro, las ondas de luz emitida por cada uno de ellos se recibirán en el otro como si estuvieran estiradas, lo que denomina *corrimiento al rojo*.

Como el ojo humano sólo es capaz de ver la luz que tiene unas longitudes de onda determinadas, la radiación que no está en esa banda concreta resulta invisible.

Hubble demostró que las estrellas y galaxias más alejadas de la Tierra muestran un *corrimiento al rojo* más acusado, lo que significa que la velocidad a que se alejan los cuerpos celestes aumenta con la distancia y que el universo está en expansión. Por ello, toda estrella o galaxia situada a mucha distancia de la Tierra estará alejándose de nosotros a una velocidad tan alta que su luz estará desplazada fuera de la banda de luz visible, dentro ya del infrarrojo o del radio, y el ojo humano no la verá.

El número de estrellas y galaxias que iluminan el cielo nocturno queda así muy reducido y los científicos están de acuerdo en que este desplazamiento al rojo debe contribuir bastante a la oscuridad de la noche. El trabajo de Wesson afirma que el corrimiento al rojo de las estrellas en un universo en expansión puede reducir la luminosidad teórica del cielo, pero en un factor de tres o cuatro, no más.

La otra explicación posible de la paradoja del cielo oscuro se basa en dos hechos: primero, que la velocidad de la luz es constante, y segundo, que ninguna galaxia existe eternamente. Como consecuencia de la velocidad fija de la luz, desde la Tierra no se puede observar ningún objeto que esté más lejos de unos 15.000 millones de años luz; incluso si hay galaxias más allá, la luz procedente de ellas no habría tenido tiempo de llegar hasta nosotros.

La existencia finita de las galaxias significa que la cantidad de luz que pueden irradiar en el universo tiene un límite. Los puntos brillantes de luz en el cielo lejano no son puntos permanentes en el firmamento, y su carácter transitorio, junto con el número limitado de galaxias visibles desde la Tierra por la velocidad limitada de la luz, eliminan el hipotético brillo del cielo nocturno.

Fuente: NYT.

Universo rugoso

Por David Lindley

Los cosmólogos modernos tienen problemas. Por ahora no existe una teoría completa que explique por qué el Universo es como lo vemos. Si la energía de la gran explosión o Big Bang se esparció por el espacio de forma uniforme en todas direcciones, la actual distribución de estrellas y galaxias a gran escala parece demasiado ordenada. Aunque ambos fenómenos han sido confirmados por observaciones, los teóricos no logran explicar todavía cómo un universo tan *liso* en el principio es ahora tan *rugoso* teniendo en cuenta el tiempo transcurrido. Craig Hogan, de la Universidad de Washington en Seattle, ha propuesto una solución que no tiene en cuenta la gravedad.

Se cree que la materia y la radiación en los primeros días del Universo se distribuyeron de forma casi totalmente uniforme por el espacio. Cualquier sitio donde hubiera una concentración ligeramente más alta de materia tendría una gravedad ligeramente mayor, lo que atraería más materia de las regiones vecinas. El problema con esta idea es que la gravedad actúa de forma lenta, y una galaxia tarda mucho en crecer, lo que lleva a creer que existían irregularidades originales, que no se han podido detectar.

Una vía de escape a este dilema es buscar un proceso por el cual las galaxias puedan formarse en menos tiempo que si sólo actuara la gravedad. Hogan propone un tipo de *motor de arranque* cósmico que depende sólo de interacciones simples entre la materia y la radiación durante la fase más temprana de la historia cósmica, cuando el cosmos estaba lleno, en su mayor parte, de gas de hidrógeno y radiación en forma de fotones.

En general un átomo de hidrógeno que se mueve por un campo de radiación electromagnética intercambia energía con la radiación absorbiendo y emitiendo fotones de una longitud de onda característica. El resultado final es que el átomo en movimiento tenderá a pararse, cuando la cantidad de fotones sea la misma en todas partes. Hogan propone una ingeniosa variación, que supone que existen picos de fotones de una determinada energía, lo que, en síntesis, lleva al átomo a acelerarse ya que los fotones le transfieren energía.



Odiseas de un investigador

Por L.R.

Aunque en los últimos días el secretario de Ciencia y Tecnología, Raúl Matera, se esforzó por mostrar una imagen de la ciencia argentina "en recuperación" (y no "en peligro" como caracterizó la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos) las odiseas en las que se ven envueltos los investigadores para continuar con sus tareas aún rayan en lo kafkiano. En su respuesta a *La Nación*, Matera aseguró, entre otras cosas, que mediante el decreto 937 se resolvió el absurdo problema planteado por la exigencia de pago de gravámenes aduaneros a compras y hasta donaciones de equipamientos e insumos para instituciones científicas públicas o privadas". Sin embargo, las complicaciones no acaban ahí. Un investigador del CONICET refirió a **Página/12** un incidente que demuestra hasta qué punto existen trabas. En este caso, se trata, por un lado, de la imposibilidad de obtener la desgravación de donaciones a particulares (y no a instituciones científicas). Y por otro lado, de la negativa por parte de la empresa consignataria del estacionamiento en Ezeiza, para liberar del cargo correspondiente a las importaciones científicas.

Martín Giurfa, becario del CONICET, ganó el año pasado un premio que la International Foundation for Science de Suecia otorga a los investigadores jóvenes más destacados del mundo. Consistía en una suma de dinero para adquirir equipamiento. Entre otras cosas, Giurfa compró una balanza electrónica y el 23 de febrero partió rumbo a Ezeiza para retirarla de la Aduana, con los papeles que creyó suficientes: el aviso de arribo de la American Airlines y la carta de donación de la IFS, certificada por la embajada argentina. En el aeropuerto le informaron que no podía retirarla hasta tanto no presentara un formulario en la Aduana Central, indicando que se trataba de una donación, para eximirla de impuestos. "De otra forma iba a tener que pagar 1315 dólares, más del 50 por ciento del valor del equipo. Mi sueldo en el CONICET es de 120 dólares", se quejó Giurfa. Como el formulario no se entrega a particulares (a pesar de que el suyo era un premio personal), sino a instituciones, tuvo que donar la balanza a la Facultad de Biología y renunciar a sus derechos. "Lo cual me impediría llevármela a otra institución, como estipula el reglamento de la IFS", señala Giurfa, añadiendo que "esto no sería lo más grave". Lo peor vino después, cuando se enteró que, en el transcurso del trámite, tendría que pagar los gastos de estacionamiento de la balanza en la Aduana. El monto podía ascender a 550 dólares si se demoraba tres meses, según le indicaron en la hoy famosa por lo cuestionada empresa EDCADASSA, consignataria de los depósitos en Ezeiza. Giurfa envió una carta a la IFS comentando las vicisitudes. Los suecos no sólo aceptaron pagar el cargo sino que agradecieron a Giurfa la detallada información que llegaba "justo a tiempo para debatir esa misma tarde los incomprensibles problemas aduaneros que se están suscitando en la Argentina", reza el fax que le llegó de la IFS. La balanza todavía duerme en los depósitos y Giurfa ni siquiera sabe si tendrá que pagar esa suma o "2000 dólares, como le dijo el gerente general Carlos Mackinlay al decano de la Facultad, Eduardo Recondo, dándole a entender que sólo podía hacerle un descuento del 20 por ciento por tratarse de equipamiento científico", señala Giurfa y agrega: "Antes de la privatización de los depósitos aduaneros, esta traba no existía, según me comentó un despachante de aduanas que conoce el movimiento de la Facultad".

Opinión

Por Leonardo Moledo

Todo por no sonreir

La mesa redonda sobre "Ciencia y ética: la biotecnología", que se realizó el 10/4 en la Feria del Libro, provocó una serie de artículos cruzados bastante divertidos. Como en el que firma el doctor José María Sánchez (27/4/91), integrante del panel en cuestión, se hace explícita referencia a mí, que en la ocasión coordiné la mesa, vale la pena aclarar algunas cosas. No por las acusaciones que me dirige Sánchez, que me parecen encantadoras, sino por el placer de reflexionar sobre algunos temas.

En primer lugar, las invectivas sobre periodismo (amarillo, sensacionalista, etc.). Por supuesto, Sánchez tiene razón: ya sabemos que en la Argentina el periodismo tiene la culpa de todo (en esto, y lamentablemente, Sánchez ni siquiera es original: sólo muestra --como corresponde a un genetista— estar asombrosamente aggiornado y emplea correctamente los giros al uso). "La señorita Rozemberg" no debió preguntar lo que preguntó (cuáles son los límites éticos entre "lo normal" y "lo anormal"). "La señorita Rozemberg" debería haberse dado cuenta —dada su formación científica y su experiencia periodística— de que la mesa no sólo era incapaz de responder a la pregunta, sino que ni siquiera era capaz de comprenderla. Vaya como ejemplo de la perversión del periodismo.

Con respecto a la coordinación, coincido plenamente con Sánchez en que fue pésima, aunque no estoy de acuerdo en el orden de prioridades delictivas: no creo que lo más grave haya sido —como él dice— no haber hecho una reunión previa para arreglar los términos de la representación. Creo que lo grave e imperdonable fue no entrar en complicidad con los panelistas: apenas advertí que el contenido de las peroratas no pasaba de enunciados estilo "los científicos deben ser éticos", cosa que vale también para los carpinteros, los ingenieros y los presidentes, y de obviedades igualmente aburridas, en vez de sonreír gentilmente, pedí que no se hablara de generalidades y se fuera a los hechos concretos (cosa que por supuesto no conseguí). Pero eso no fue todo. Además, pedí que los integrantes de la mesa contestaran a las preguntas que se les formulaban en vez de pregonar su eticidad a los cuatro vientos. Olvidé que, como sugiere Sánchez en su nota, sobre temas éticos, los panelistas no saben más que cualquier ciudadano. Correcto: tendrían que haber explicado cómo hacen fecundaciones in vitro o tiñen cromosomas, y no discursear vacuamente sobre temas filosóficos —al fin y al cabo no son filósofos— de los cuales no saben, no quieren, o no pueden hablar. Pero por si esto fuera poco, también me pareció conveniente que dijeran "algo" sobre "algo", o que por lo menos se comprometieran con alguna postura concreta en vez de hablar desde el pedestal del poder médico. Naturalmente, nadie lo hizo. Más todavía: cuando alguien de la mesa expuso su sacrosanta indignación ante el comercio con esperma "que es la vida misma", dije que yo en particular no me horrorizaba tanto, y sugerí que, en ese caso, dentro del halo comercial que envuelve a la medicina, habría que horrorizarse también porque se vendan remedios vitales que también son "vida misma". Espanto en la mesa. Me aclararon que nada relaciona la medicina con el comercio y que yo estaba confundiendo las cosas. Si no en esa ocasión, en ésta me retracto de lo que dije. La mera idea de que la medicina y los negocios estén vinculados es una fabulación del periodismo amarillo.

En suma, en vez de sonreír, gentilmente, cometí el error de intentar remontar (vanamente) la pobreza intelectual de lo que se estaba diciendo con pequeñas (y no tan pequeñas, es menester reconocerlo) intervenciones punzantes que pudieran llevar la discusión al terreno de lo interesante. Por lo tanto, fue una coordinación sensacionalista, y amarilla y, como dice Sánchez, pésima. Tal vez sea un problema genético, lo cual no me libra de responsabilidad. Mea culpa. Admito merecer el castigo más atroz que se me ocurre: que en la próxima reencarnación me toque ser médico, y que en una mesa redonda sobre ética, un genetista reencarnado en coordinador, infructuosamente trate de obligarme a decir cosas concretas, y de evitar que la reunión naufrague en naderías.

El Foro dice

A raíz de la modificación del directorio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el decreto del pasado 14 de abril establece que su presidente es ahora el secretario de Estado de Ciencia y Tecnología. El Foro de Sociedades Científicas Argentinas emitió un comunicado en el que deja asentada su "preocupación y desagrado porque, como en anteriores oportunidades, la opinión de la comunidad científica no ha sido tenida en cuenta".

Para el Foro, esta modificación, que implica que el secretario cambie cuando se produzca una alteración en el gabinete que lo involucre, introduce "un factor de inestabilidad adicional en el futuro del CONICET. Preocupa ver cómo, cuando en todos los países se toma en serio a la ciencia, se trata de que el CONICET se mantenga al margen de los vaivenes políticos para así garantizar la continuidad de los proyectos que son de interés nacional, en el nuestro se hace lo inverso incorporando al CONICET a una estructura que es intrínsecamente cambiante".

Cuando este decreto fue entregado en el mes de febrero al doctor Raúl Matera, el plenario de las sociedades científicas y asociaciones que la integran lo analizó y le entregó al ahora secretario de Estado una serie de consideraciones sobre el mismo, entre la que deploraban que las sociedades científicas no hubieran sido consultadas para su redacción y que el proyecto evitara hacer mención acerca de cuáles son los requisitos de idoneidad necesarios para acceder a los cargos directivos, ni sobre cuál será la participación de la comunidad científica en su selección.

GRAGEAS

PENSAMIENTO MAGICO: Desde comienzos de los '70, grupos multidisciplinarios integrados por docentes universitarios, estudiantes, investigadores científicos e intelectuales se interesaron por un fenómeno de masas que no dudaron en definir como "la última embestida de lo irracional". El auge de la pseudociencia —hija dilecta del pensamiento mágico— daría entonces inicio a un nuevo ciclo histórico, donde los horóscopos, la parapsicología, la creencia en los ovnis y el curanderismo, entre otros, habrían de transformarse en temas de interés general. Ante el fenómeno, un movimiento de científicos que en Estados Unidos lidera el SICOP observó que el público podía quedar prisionero de las creencias mágicas en boga y se propuso evitar tal situación divulgando intensiva y sistemáticamente el método científico. En el país, el Centro Argentino para la Investigación y Refutación de la Pseudociencia (CAIRP) es un equivalente de aquel centro estadounidense y afirma basarse en "la denuncia del fraude y el charlatanismo, promoviendo una investigación seria y objetiva de los alegatos de las falsas ciencias". *El Ojo Escéptico* es la publicación propia de la institución que sirve a este objetivo. Carl Sagan, Martin Gardner, Mario Bunge, Manuel Sadosky, Gregorio Klimovsky y Henry Broch son algunos de sus colaboradores. Para aquellos interesados en la revista, pueden dirigirse a Casilla de Correo 26, Sucursal 25 (1425), Buenos Aires. El teléfono de la entidad es el 613-5040.